

(1)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 100 50 336 C 1**

51 Int. Cl. 7:
H 04 B 3/23
H 04 M 1/58
H 04 M 9/08
G 10 L 21/02

① Aktenzeichen: 100 50 336.5-35
② Anmelddatum: 11. 10. 2000
③ Offenlegungstag: -
④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 7. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

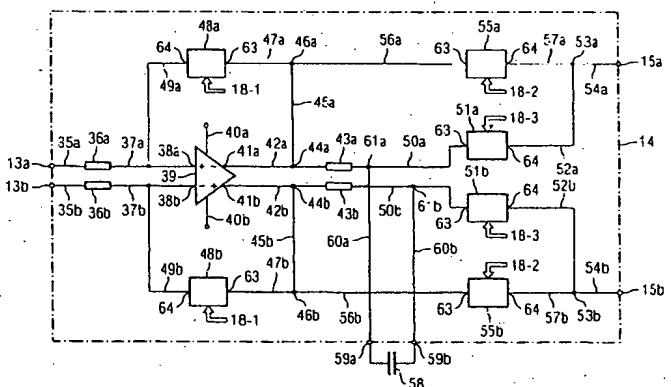
74) Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

72 Erfinder:
Pessl, Peter, Villach, AT; Giandomenico, Antonio di,
Villach, AT; Fleischhacker, Christian, Pischeldorf, AT

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 46 08 464 A

54 Programmierbares Echokompensationsfilter und Transceiver für xDSL-Signale

57) Programmierbares Echokompensationsfilter zur Echo-signal-Kompensation für einen Transceiver mit einem Si-gnaleingang (13) zum Empfang des von dem Transceiver (1) abgegebenen Sendesignals, einem an dem Signalein-gang (13) angeschlossenen Eingangswiderstand (36), ei-nem Operationsverstärker (39) dessen Signaleingang (38) mit dem Eingangswiderstand (3) und dessen Signalaus-gang (41) mit einem Ausgangswiderstand (43) verbunden ist, einer ersten programmierbaren Widerstandsschal-tung (48), die zwischen dem Signalausgang (41) des Ope-rationsverstärkers (39) und dem Signaleingang (38) des Operationsverstärkers vorgesehen ist, einer zweiten pro-grammierbaren Widerstandsschaltung (51), die zwischen dem Ausgangswiderstand (43) und einem Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) vorgesehen ist, ei-ner dritten programmierbaren Widerstandsschaltung (55), die zwischen der ersten programmierbaren Wider-standsschaltung (48) und dem Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) vorgesehen ist, wobei die programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) jeweils mehrere parallel geschaltete Widerstände (65) aufweisen, die mit einem ersten Anschluss (68) eines zu-gehörigen steuerbaren Schalters (66) verbunden sind, wobei die steuerbaren Schalter (66) einen zweiten An-schluss (69) besitzen, der an einem virtuellen Referenz-spannungsanschluss mit geringem Spannungshub ange-schlossen ist.



DE 100 50 336 C 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein programmierbares Echokompensationsfilter zur Echosignalcompensation von Echosignalen eines Transceivers und einen Transceiver für xDSL-Signale.

5 [0002] Bei Signalübertragungssystemen treten bei der Abgabe eines Sendesignals von einem Transceiver an eine Signalleitung stets Echosignale auf, die dem Empfangssignal überlagert werden. Dabei ist die Amplitude des Echosignals aufgrund der Dämpfung der Signalleitung deutlich höher als die Amplitude des Empfangssignals. Zur Dämpfung bzw. Auslöschung des den im Empfangssignal überlagerten Echosignals enthält ein Transceiver ein Echokompensationsfilter.

10 [0003] Fig. 1 zeigt einen Transceiver nach dem Stand der Technik, der einen Echokompensationsfilter EC enthält. Die von dem Transceiver zu sendenden Daten werden von einer Datenquelle DQ an einen Digital-Analogwandler DAC abgegeben, dort in ein analoges Sendesignal umgewandelt und in einem nachgeschalteten analogen Filter gefiltert. Die gefilterten Sendedaten gelangen über einen Signalleitungstreiber LT zu einer Hybridschaltung und werden von dort über die Signalleitung an ein Endgerät bspw. an ein Teilnehmermodem abgegeben.

15 [0004] Dem Empfangssignal S_1 des Transceivers ist ein Echosignal – überlagert, dessen Signalamplitude deutlich höher ist als die Signalamplitude des von dem Endgerät EG empfangenen Signals. In einer Signalanpassungsschaltung wird das mit dem Echosignal überlagerte Empfangssignal S_1 vorgefiltert und die Signalamplituden an den Transceiver angepasst. Der Signalanpassungsschaltung B wird das Sendesignal S_2 zugeführt und gelangt von dort zu dem Echokompensationsfilter EC. Das Echokompensationsfilter EC bildet den Frequenzgang des Sendesignalpfades nach. Das durch das Echokompensationsfilter EC gefilterte Sendesignal wird in einer Subtraktionsschaltung SUB von dem überlagerten Empfangssignal subtrahiert, so dass im Idealfall die automatische Amplitudenregelungsschaltung AGC, das von dem Echosignal befreite Empfangssignal empfängt.

20 [0005] Die Stärke des Echosignals hängt von der Leitungsimpedanz der Signalleitung ab, die in Abhängigkeit von der Leitungslänge und von Umwelteinflüssen stark schwankt. Daher wird das Echokompensationsfilter EC bei jedem Verbindungsauflauf zwischen dem Transceiver und dem über die Signalleitung angeschlossenem Endgerät EG dynamisch neu in einer sogenannten Trainingsphase an die aktuelle Leitungsimpedanz angepasst. Hierzu wird die Echokompensationsschaltung EC durch eine Steuerschaltung entsprechend eingestellt. Dies geschieht mittels in der Echokompensationsschaltung EC enthaltener steuerbarer Schalter.

25 [0006] Das Echokompensationsfilter EC, das in dem Transceiver nach dem Stand der Technik, wie er in Fig. 1 dargestellt ist, eingebaut ist enthält aktive Schaltungskomponenten mit Operationsverstärkern, die mit einer Versorgungsspannung U_V des Transceivers mit Spannung versorgt werden. Zur Minimierung von Verlustleistungen wird die Versorgungsspannung U_V des Transceivers zunehmend geringer gewählt. Technologiebedingt werden zunehmend Transceiver eingesetzt, die mit einer niedrigen Versorgungsspannung von weniger als 3,3 V arbeiten.

30 [0007] Die in dem Echokompensationsfilter EC enthaltenen steuerbaren Schalter werden herkömmlicherweise durch steuerbare MOS-Transistoren realisiert, deren Gate-Anschlüsse durch die Steuerschaltung angesteuert werden. Aufgrund des an den MOS-Feldeffekttransistoren zwischen dem jeweiligen Drain-Anschluss und dem Source-Anschluss auftretenden Signalspannungshubs kommt es bei herkömmlichen Echokompensationsfiltern zu erheblichen nicht-linearen Signalverzerrungen, die die Kompensation des Echosignals verschlechtern.

35 [0008] Die WO 00/46936 A1 beschreibt ein programmierbares Echokompensationsfilter zur Echokompensation für einen Transceiver, wobei ein analoges Echofilter für ein Modem offenbart ist, das durch ein aktives analoges Filter charakterisiert ist, dessen Übertragungsfunktion einstellbar ist. Das Echofilter weist einen Eingangswiderstand auf, der mit dem Eingang eines Operationsverstärkers verbunden ist, und weist einen Ausgangswiderstand auf, der mit dem Ausgang des Operationsverstärkers verbunden ist. Das analoge Filter ist zwischen einer Übertragungsfunktion erster Ordnung und einer Übertragungsfunktion zweiter Ordnung umschaltbar. Es ist ferner ein Sende- und Empfangsteil eines ADSL-Modems beschrieben, das einen Echokompensator mit einem anpassbaren Echofilter enthält.

40 [0009] Die US 4 608 464 A offenbart die Verwendung von schaltbaren und parallel angeordneten Kondensatoren in einem Filter im Zusammenhang mit einer Schaltung zur automatischen Adaption einer Zweidrahtleitung an eine Vierdrahtleitung. Hierdurch lassen sich verschiedene Filtercharakteristika realisieren.

45 [0010] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein programmierbares Echokompensationsfilter, insbesondere für einen xDSL-Transceiver zu schaffen, das minimale nicht-lineare Signalverzerrungen aufweist.

50 [0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein programmierbares Echokompensationsfilter und einen xDSL-Transceiver mit den im Patentanspruch 1 und 14 angegebenen Merkmalen gelöst.

55 [0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilter weisen die steuerbaren Schalter einer programmierbaren Widerstandsschaltung vorzugsweise jeweils einen Steueranschluss auf, der über eine Steuerleitung mit einer Steuerschaltung zur Einstellung des Widerstandes der Widerstandsschaltung verbunden ist.

60 [0014] Bei der Steuerschaltung handelt es sich vorzugsweise um einen DSP-Prozessor.

[0015] Die steuerbaren Schalter sind vorzugsweise MOSFET-Transistoren, deren steuerbaren Gate-Anschlüsse durch die Steuerschaltung angesteuert werden.

[0016] Das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensationsfilter weist vorzugsweise einen Kondensator auf, der an einen relativ niederohmigen Leitungsknoten des Echokompensationsfilters angeschlossen ist.

65 [0017] Das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensationsfilter hat den Vorteil, das es lediglich einen Kondensator zur Erzeugung der notwendigen Filterübertragungsfunktion benötigt.

[0018] Die steuerbaren Schalter der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung sind vorzugsweise mit dem Signaleingang des Operationsverstärkers als virtuelle Referenzpotentialanschlüsse verbunden.

[0019] Die steuerbaren Schalter der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung und die steuerbaren Schalter der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung sind vorzugsweise mit dem Signaleingang eines Operationsverstärkers einer automatischen Verstärkungsregelungsschaltung des Transceivers verbunden.

[0020] Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter wird vorzugsweise mit einer niedrigen Versorgungsspannung

versorgt.

[0021] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter voll differentiell aufgebaut.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter als ein analoges Tiefpassfilter erster Ordnung aufgebaut.

[0023] Der Signaleingang des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist vorzugsweise an eine Signalanpassungsschaltung zur Signalanpassung des Sendesignals angeschlossen.

[0024] Der Signalausgang des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist vorzugsweise mit dem Signaleingang einer automatischen Verstärkungsregelungsschaltung in einem Empfangssignalpfad des Transceivers verbunden.

[0025] Die in dem programmierbaren Widerstandsschaltungen enthaltenden Widerstände weisen vorzugsweise zueinander gewichtete Widerstandswerte auf.

[0026] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem unterhalb einer ersten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich und die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich durch die Steuerschaltung einstellbar.

[0027] Dabei sind vorzugsweise die beiden Grenzfrequenzen des Echokompensationsfilters durch die Steuerschaltung ebenfalls einstellbar.

[0028] Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren zur Erläuterung erfindungswesentlicher Merkmale beschrieben.

[0029] Es zeigen:

[0030] Fig. 1 einen Transceiver mit Echokompensationsfilter nach dem Stand der Technik;

[0031] Fig. 2 einen voll-differentiell aufgebauten Transceiver mit einem erfindungsgemäßen voll-differentiellen Echokompensationsfilter;

[0032] Fig. 3 den schaltungstechnischen Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters;

[0033] Fig. 4 den schaltungstechnischen Aufbau einer programmierbaren Widerstandsschaltung, wie sie in dem erfindungsgemäßen Echokompensationsfilter eingebaut ist;

[0034] Fig. 5 den Frequenzverlauf des erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters.

[0035] Wie man aus Fig. 2 erkennen kann, enthält der Transceiver 1 eine Datenquelle 2 zur Abgabe von Sendedaten an einen Digital-Analogwandler 3, der die Sendedaten in ein analoges Sendesignal umwandelt und an ein analoges Sendefilter 4 abgibt. Das gefilterte analoge Sendesignal wird durch einen Leistungstreiber 5 verstärkt und über eine Hybridschaltung 6 an Leitungsanschlüsse 7a, 7b abgegeben. An den Leitungsanschlüssen 7a, 7b ist eine Signalleitung, bspw. eine Zweidrahttelefonleitung angeschlossen, die das Sendesignal an ein Teilnehmerendgerät überträgt. Die Hybridschaltung 6 enthält zwei Widerstände 8a, 8b. An Knoten 9a, 9b wird das von der Treiberschaltung 5 abgegebene Sendesignal über Leitungen 10a, 10b an eine Signalanpassungsschaltung 11 abgezweigt, die eine Vorfilterung und eine Signalamplitudenanpassung durchführt. Die Signalanpassungsschaltung 11 ist über Leitungen 12a, 12b mit Signaleingängen 13a, 13b eines erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters 14 verbunden. Das Echokompensationsfilter 14 ist vorzugsweise voll differentiell aufgebaut und besitzt zwei Signalausgänge 15a, 15b, die über Leitungen 16a, 16b mit Sumationsknoten 17a, 17b im Empfangssignalpfad des Transceivers 1 verbunden sind. Darüberhinaus weist das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensationsfilter 14 einen Steuereingang 18 auf, der über Steuerleitungen 19 mit einem Ausgang 20 in einer Steuerschaltung 21 verbunden ist.

[0036] Bei der Steuerschaltung 21 handelt es sich vorzugsweise um einen digitalen Signalprozessor. Der DSP-Signalprozessor 21 führt die Einstellungen in dem erfindungsgemäßen Echokompensationsfilter 14 über die Steuerleitung 19 durch.

[0037] Das über die Anschlüsse 7a, 7b an kommende Empfangssignal wird zusammen mit dem auftretenden Echosignal über Signalleitungen 22a, 22b einer weiteren Signalanpassungsschaltung 23 zugeführt. Die Signalanpassungsschaltung 23 filtert das an kommende Signal vor und führt eine Signalamplitudenanpassung durch. Die Signalanpassungsschaltung 23 ist ausgangsseitig über Leitungen 24a, 24b mit Eingangswiderständen 25a, 25b einer automatisch Signalverstärkungsregelungsschaltung AGC verbunden. Die Widerstände 25a, 25b liegen über Leitungen 26a, 26b an Signaleingängen 27a, 27b eines Operationsverstärkers 28 an. Der Operationsverstärker 28 besitzt zwei Signalausgänge 29a, 29b, die über Leitungen 30a, 30b mit einem Filter 31 verbunden sind. Dem Filter 31 ist eine Analog-Digital-Wandlerschaltung 32 nachgeschaltet, die das gefilterte Empfangssignal in ein digitales Empfangssignal umwandelt und an eine Datensenke 33 des Transceivers 1 abgibt. Der Signalausgang 29a des Operationsverstärkers 28 ist über einen Rückkoppelungswiderstand 34a mit dem nicht-invertierenden Signaleingang 27a des Operationsverstärkers 28 verbunden. Der zweite Signalausgang 29b des Operationsverstärkers 28 ist über einen Rückkoppelwiderstand 34b an den invertierenden Signaleingang 27b des Operationsverstärkers 28 geschaltet.

[0038] Die Fig. 3 zeigt den schaltungstechnischen Aufbau einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters 14. Das Echokompensationsfilter 14 ist bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform voll differentiell aufgebaut. Das Echokompensationsfilter 14 besitzt einen Signaleingang 13a, 13b zum Empfang des von dem Transceiver 1 abgegebenen angepassten Sendesignals. Der Signaleingang 13a, 13b ist über Leitungen 35a, 35b, Eingangswiderstände 36a, 36b und Leitungen 37a, 37b mit den beiden Signaleingängen 38a, 38b eines voll differentiell aufgebauten Operationsverstärkers 39 verbunden. Der voll differentiell aufgebauten Operationsverstärker 39 besitzt zwei Versorgungsspannungsanschlüsse 40a, 40b und wird mit der Versorgungsspannung U_V des Transceivers 1 versorgt. Der Operationsverstärker 39 weist zwei Signalausgänge 41a, 41b auf, die – über Leitungen 42a, 42b an Ausgangswiderständen 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 angeschlossen sind. An Knoten 44a, 44b sind die Signalausgänge 41a, 41b des Operationsverstärkers 39 über Leitungen 45a, 45b mit einem Knoten 46a, 46b verbunden, der über eine Leitung 47a, 47b mit einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung 48a, 48b verbunden ist.

[0039] Die ersten programmierbaren Widerstandsschaltungen 48a, 48b sind über eine Leitung 49a, 49b an den Signaleingang 38a, 38b des voll differentiell aufgebauten Operationsverstärkers 39 angeschlossen. Die Widerstandsschaltungen 48a, 48b enthalten jeweils mehrere parallel geschaltete Widerstände mit zugehörigen steuerbaren Schaltern, die an den Steuereingang 18 des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen sind und von dem DSP-Prozessor 21 gesteuert werden.

[0040] Die Ausgangswiderstände 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 liegen über Leitungen 50a, 50b an zweiten programmierbaren Widerstandsschaltungen 51a, 51b an. Die Widerstandsschaltungen 51a, 51b enthalten ebenfalls parallel geschaltete Widerstände mit zugehörigen steuerbaren Schaltern, die an dem Steueranschluss 18 des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen sind. Die zweiten programmierbaren Widerstandsschaltungen 51a, 51b sind über Leitungen 52a, 52b an Knoten 53a, 53b angeschlossen, die über Leitungen 54a, 54b mit dem Signalausgang 15a, 15b des Echokompensationsfilters 14 verbunden sind.

[0041] Das Echokompensationsfilter 14 enthält ferner dritte programmierbare Widerstandsschaltungen 55a, 55b. Die programmierbaren Widerstandsschaltungen 55a, 55b sind über Leitungen 56a, 56b mit dem Knoten 46a, 46b und über Leitungen 57a, 57b mit dem Knoten 53a, 53b verbunden.

[0042] Das Echokompensationsfilter 14 weist ferner einen Kondensator 58 auf, der bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform extern über Anschlüsse 59a, 59b an das Echokompensationsfilter 14 angeschlossen ist. Die Kondensatoranschlüsse 59a, 59b sind über Leitungen 60a, 60b an Knoten 61a, 61b zwischen dem Ausgangswiderstand 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 und der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung 51a, 51b geschaltet. Der Kondensator 58 wird vorzugsweise in SMD-Technik (SMD: Service Mounted Device) auf einer Schaltungsplatine des Transceivers 1 angebracht. Der Kondensator 58 ist an die relativ niederohmigen Signalknoten 61a, 61b des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen und liegt nicht an einem hochohmigen virtuellen Referenzpotential an. Es ist möglich den Kondensator 58 über die Kondensatoranschlüsse 59a, 59b extern anzuschließen, ohne dass die elektromagnetische Verträglichkeit EMV des Echokompensationsfilters 14 abnimmt. Durch die Implementierung des Kondensators 58 als ein SMD-Kondensator weist der Kondensator 58 eine sehr geringe Chipfläche auf. Beispielsweise beträgt die Kondensatorfläche eines SMD-Kondensators 58 bei einer Kapazität bis zu 10 nF etwa 2-3 mm². Der Kondensator 58 ist bei einer alternativen Ausführungsform in dem Echokompensationsfilter 14 intern integriert. Der Flächenbedarf ist dabei höher und liegt bei einer Kapazität von etwa 10 nF über 10 mm².

[0043] Fig. 4 zeigt den schaltungstechnischen Aufbau einer programmierbaren Widerstandsschaltung 62, wie sie als Widerstandsschaltung 48a, 48b, 51a, 51b, 55a, 55b indem in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemäßen Echokompensationsfilter 14 enthalten ist.

[0044] Die in Fig. 4 dargestellte programmierbare Widerstandsschaltung 62 besitzt einen ersten Anschluss 63 und einen zweiten Anschluss 64. An dem ersten Anschluss 63 sind N-Widerstände 65-1 bis 65-n parallel angeschlossen. In Reihe zu den Widerständen 65 sind jeweils zugehörige steuerbare Schalter 66 geschaltet. Die steuerbaren Schalter 66 sind vorzugsweise steuerbare MOSFET-Transistoren. Die steuerbaren Schalter weisen jeweils einen Steueranschluss 67 auf, der mit dem Steuereingang 18 des Echokompensationsfilters 14 verbunden ist. Die steuerbaren Schalter 66 werden durch den DSP-Prozessor 21 gesteuert geschaltet. Die steuerbaren Schalter 66 besitzen jeweils einen ersten Anschluss 68, der mit dem zugehörigen Widerstand 65 verbunden ist, und einen zweiten Anschluss 69, der an dem Anschluss 64 anliegt. Dabei ist der Anschluss 64 aller in dem Echokompensationsfilter 14 enthaltener programmierbarer Widerstandsschaltungen 62 an einen virtuellen Referenzspannungsanschluss mit einem geringen Spannungshub angeschlossen, so dass die an den steuerbaren Schaltern 66 auftretenden Signalverzerrungen minimal sind.

[0045] Die steuerbaren Schalter 66 der ersten programmierbaren Widerstandsschaltungen 48a, 48b liegen an den virtuellen Signaleingängen 38a, 38b des Operationsverstärkers 39 an, wie aus Fig. 3 zu erkennen ist.

[0046] Die steuerbaren Schalter 66 der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung 51a, 51b und die steuerbaren Schalter 66 der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung 55a, 55b liegen über die Signalausgänge 15a, 15b des Echokompensationsfilters 14 und über die Leitungen 16a, 16b an den Signaleingängen 27a, 27b des Operationsverstärkers 28 der automatischen Verstärkungsregelungsschaltung des Transceivers 1 an, wie man aus den Fig. 2 und 3 erkennt. Die Signaleingänge der Operationsverstärker 39, 28 sind sehr hochohmig und weisen einen Spannungshub von nahezu null auf, da sie eine virtuelle Masse bilden.

[0047] Der in Fig. 3 dargestellte Operationsverstärker 39 bildet eine aktive Eingangsstufe zur Impedanzentkopplung des Echokompensationsfilters von der vorgesetzten Signalanpassungsschaltung 11. Aufgrund der Impedanzentkopplung ist der in dem DSP-Prozessor 21 ablaufende notwendige Algorithmus zur dynamischen Anpassung der Schalterstellungen nach erfolgten Verbindungsauflauf in der Trainingsphase des Transceivers 1 relativ einfach. Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 besitzt aufgrund der Verstärkereingangsstufe einen konstanten Eingangswiderstand.

[0048] Das in Fig. 3 dargestellte erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 benötigt lediglich eine aktive Verstärkungsstufe und besitzt daher nur eine sehr geringe Anzahl aktiver Schaltungskomponenten. Daher ist der Leistungsverbrauch des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 sehr gering und darüber hinaus ist die Rauschleistung des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 sehr niedrig. Der Operationsverstärker 39 der Echokompensationsschaltung 14 wird bei einer bevorzugten Ausführungsform über die Versorgungsspannungsanschlüsse 40a, 40b mit einer niedrigen Versorgungsspannung von lediglich 3,3 V versorgt. Das Rauschen des Echokompensationsfilters 14 liegt bei einer bevorzugten Ausführungsform vorzugsweise unter -148 dBm/Hz, wobei der Leistungsverbrauch bei einem Frequenzband von 1,1 MHz bei nur 25 mW liegt. Die TDH (Total Harmonic Distortion) ist kleiner als -85 dB.

[0049] Der Flächenbedarf des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, beträgt bspw. bei einem 0,65 µ-Herstellungsprozess lediglich 0,33 mm² und ist somit sehr niedrig.

[0050] Die Übertragungsfunktion des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 ist durch den DSP-Prozessor 21 in einfacher Weise einstellbar. Bei dem Echokompensationsfilter 14 handelt es sich vorzugsweise um ein Tiefpassfilter erster Ordnung. Dabei ist die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem unterhalb einer ersten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich und in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich durch den DSP-Prozessor separat einstellbar. Dabei sind die beiden Grenzfrequenzen des Echokompensationsfilters ebenfalls

durch den DSP-Prozessor 21 einstellbar.

[0051] Fig. 5 zeigt den Frequenzgang einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14. Bis zu einer unteren Grenzfrequenz f_U beträgt die einstellbare Verstärkung des Echokompensationsfilters H_1 und oberhalb einer oberen Grenzfrequenz f_O beträgt die einstellbare Verstärkung des Echokompensationsfilters $14H_2$. In dem Übergangsfrequenzbereich zwischen der unteren Grenzfrequenz f_U und der oberen Grenzfrequenz f_O nimmt die Verstärkung bspw. um 20 dB pro Dekade ab. Durch den DSP-Prozessor 21 sind die Verstärkung H_1 des Echokompensationsfilters 14 sowie die beiden Grenzfrequenzen f_U , f_O durch Ansteuern der in den Widerstandsschaltungen enthaltenen steuerbaren Schalter 66 einstellbar.

[0052] Die Übertragungsfunktion des in Fig. 3 dargestellten Echokompensationsfilters 14 lautet:

$$H(w) = K \cdot \frac{\frac{R_{43} \cdot R_{51}}{R_{55} + R_{43} + R_{51}}}{1 + jwC_{58} \frac{R_{43} \cdot R_{51}}{R_{43} + R_{51}}} \quad (1)$$

[0053] Wobei die Verstärkung K beträgt:

$$K = \frac{R_{48}}{R_{36}} \cdot \frac{R_{25}}{R_{55}} \cdot \left(1 + \frac{R_{55}}{R_{43} + R_{51}}\right) \quad (2)$$

[0054] Die Widerstandswerte R_{48} , R_{51} , R_{55} der drei programmierbaren Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 sind durch den DSP-Prozessor 21 zur Einstellung der Verstärkung, der oberen Grenzfrequenz f_O und der unteren Grenzfrequenz f_U einstellbar bzw. programmierbar.

[0055] Die Widerstandswerte R_{36} und R_{43} der Eingangswiderstände 36 und der Ausgangswiderstände 43 sind genauso wie der Widerstand R_{25} des Eingangswiderstandes der automatischen Verstärkungsregelungsschaltung konstant. Auch die Kapazität C_{58} des Kondensators 58 ist fest vorgegeben.

[0056] Durch die Programmierung bzw. Einstellung der Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 ist die DSP-Steuerung 21 in der Lage den Frequenzgang des Echokompensationsfilters 14, wie er in Fig. 5 dargestellt ist, entsprechend dem gesendeten Sendesignal und den auftretenden Impedanzänderungen der Signalleitung zu verändern. Aufgrund der minimalen Spannungshübe an den in den programmierbaren Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 enthaltenen steuerbaren Schaltern 66, werden dabei die auftretenden linearen Signalverzerrungen minimal, so dass das Echokompensationssignal 14 das auftretende Echosignal vollständig kompensiert. Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 benötigt lediglich einen Kondensator 58, der zudem flächensparend extern in SMD-Technik montierbar ist. Die erfindungsgemäße Echokompensationsschaltung 14 enthält lediglich eine aktive Verstärkerstufe 39 zur Impedanzkopplung, so dass der Leistungsverbrauch des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 gering ist und das Echokompensationsfilter 14 selbst eine sehr geringe Rauschleistung hat. Der zur Programmierung des Echokompensationsfilters 14 notwendige Algorithmus innerhalb des DSP-Prozessors 21 ist relativ einfach, so dass der schaltungstechnische Aufwand des DSP-Prozessors 21 ebenfalls sinkt.

[0057] Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 eignet sich insbesonders für den Einbau in Transceiver für xDSL-Signale.

Bezugszeichenliste

1	Transceiver	45
2	Datenquelle	
3	Digital/Analogwandler	
4	Sendefilter	
5	Leitungstreiber	
6	Hybridschaltung	
7	Leitungsanschluss	
8	Widerstände	
9	Knoten	
10	Leitungen	
11	Signalanpassungsschaltung	55
12	Leitungen	
13	Signaleingang	
14	Echokompensationsfilter	
15	Signalausgang des Echokompensationsfilters	
16	Leitungen	60
17	Knoten	
18	Steueranschluss	
19	Steuerleitungen	
20	Steuerausgang	
21	Steuerschaltung	65
22	Leitungen	
23	Signalanpassungsschaltung	
24	Leitungen	

25 Widerstände
 26 Leitungen
 27 Operationsverstärkereingang
 28 Operationsverstärker
 5 29 Operationsverstärkerausgang
 30 Leitungen
 31 Filter
 32 Analog-Digitalwandler
 33 Datensenke
 10 34 Rückkopplungswiderstände
 35 Leitungen
 36 Eingangswiderstand
 37 Leitungen
 38 Operationsverstärkereingang
 15 39 Operationsverstärker
 40 Spannungsversorgungsanschlüsse
 41 Operationsverstärkerausgänge
 42 Leitungen
 43 Ausgangswiderstände
 20 44 Knoten
 45 Leitungen
 46 Knoten
 47 Leitungen
 48 erste programmierbare Widerstandsschaltung
 25 49 Leitungen
 50 Leitungen
 51 zweite programmierbare Widerstandsschaltung
 52 Leitungen
 53 Knoten
 30 54 Leitungen
 55 dritte programmierbare Widerstandsschaltung
 56 Leitungen
 57 Leitungen
 58 Kondensator
 35 59 Kondensatoranschlüsse
 60 Leitungen
 61 Knoten
 62 Programmierbare Widerstandsschaltung
 63 Anschluss
 40 64 Anschluss
 65 Widerstände
 66 Steuerbare Schalter
 67 Steueranschlüsse
 68 Anschlüsse
 45 69 Anschlüsse

Patentansprüche

1. Programmierbares Echokompensationsfilter zur Echosignal kompensation für einen Transceiver mit:

50 (a) einem Signaleingang (13) zum Empfang des von dem Transceiver (1) abgegebenen Sendesignals;
 (b) einem an dem Signaleingang (13) angeschlossenen Eingangswiderstand (36);
 (c) einem Operationsverstärker (39) dessen Signaleingang (38) mit dem Eingangswiderstand (36) und dessen Signalausgang (41) mit einem ersten Anschluss eines Ausgangswiderstands (43) verbunden ist;
 (d) einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung (48), die einen ersten Anschluss (63) und einen zweiten Anschluss (64) aufweist, wobei der erste Anschluss (63) derselben mit dem Signalausgang (41) des Operationsverstärkers (39) und der zweite Anschluss (64) derselben mit dem Signaleingang (38) des Operationsverstärkers verbunden ist;
 (e) einer zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung (51), die einen ersten Anschluss (63) und einen zweiten Anschluss (64) aufweist, wobei der erste Anschluss (63) derselben mit einem zweiten Anschluss des Ausgangswiderstands (43) und der zweite Anschluss (64) derselben mit einem Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) verbunden ist;
 (f) einer dritten programmierbaren Widerstandsschaltung (55), die einen ersten Anschluss (63) und einen zweiten Anschluss (64) aufweist, wobei der erste Anschluss (63) derselben mit dem ersten Anschluss (63) der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung (48) und der zweite Anschluss (64) derselben mit dem Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) verbunden ist;
 (g) wobei die programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) jeweils mehrere parallel geschaltete Widerstände (65) aufweisen, die jeweils einen ersten Anschluss und einen zweiten Anschluss aufweisen, wobei jeweils der erste Anschluss eines Widerstandes (65) mit dem ersten Anschluss (63) der jeweiligen Wider-

DE 100 50 336 C 1

standsschaltung (48, 51, 55) verbunden ist, und jeweils der zweite Anschluss eines Widerstands (65) mit einem ersten Anschluss (68) eines zugehörigen steuerbaren Schalters (66) verbunden ist,
(h) wobei die steuerbaren Schalter (66) jeweils einen zweiten Anschluss (69) besitzen, der mit dem zweiten Anschluss (64) der jeweiligen Widerstandsschaltung (48, 51, 55) verbunden ist.

2. Programmierbares Echokompensationsfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbaren Schalter (66) der programmierbaren Widerstandsschaltung (48, 51, 55) jeweils einen Steueranschluss (67) aufweisen, der über eine Steuerleitung (19) mit einer Steuerschaltung (21) zur Einstellung des Widerstandswertes der programmierbaren Widerstandsschaltung (48, 51, 55) verbunden ist. 5

3. Programmierbares Echokompensationsfilter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (21) ein DSP-Prozessor ist. 10

4. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbaren Schalter (66) MOSFET-Transistoren mit steuerbaren Gate-Anschlüssen sind. 15

5. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kondensator (58) vorgesehen ist, der mit dem zweiten Anschluss des Ausgangswiderstands (43) verbunden ist. 15

6. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die steuerbaren Schalter (66) der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung (48), mit dem Signaleingang (38) des Operationsverstärkers (39) als virtuellem Masseanschluss verbunden sind. 20

7. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Echokompensationsfilter (14) mit einer Versorgungsspannung von 3,3 V versorgt wird. 20

8. Programmierbarer Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Echokompensationsfilter (14) voll differentiell aufgebaut ist. 25

9. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Echokompensationsfilter (14) ein analoges Tiefpassfilter erster Ordnung ist. 25

10. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Echokompensationsfilter (14) ein analoges Tiefpassfilter höherer Ordnung ist. 25

11. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in den programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) enthaltenen Widerstände zueinander gewichtete Widerstandswerte aufweisen. 30

12. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkung (H_1) des Echokompensationsfilters (14) in einem unterhalb einer ersten Grenzfrequenz (F_U) liegenden Frequenzbereich und die Verstärkung (H_2) des Echokompensationsfilters (14) in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz (F_O) liegenden Frequenzbereich durch die Steuerschaltung (21) einstellbar ist. 35

13. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Grenzfrequenzen (F_U, F_O) des Echokompensationsfilters (14) durch die Steuerschaltung (21) einstellbar sind. 35

14. Transceiver für xDSL-Signale, der ein programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche enthält. 40

15. Transceiver nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Transceiver eine automatische Verstärkungsregelungsschaltung in dem Empfangssignalpfad desselben aufweist, wobei der Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) an die automatische Verstärkungsregelungsschaltung angeschlossen ist. 40

16. Transceiver nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Verstärkungsregelungsschaltung einen Operationsverstärker (28) aufweist, wobei die steuerbaren Schalter (66) der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung (51) und die steuerbaren Schalter (66) der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung (55) mit dem Signaleingang (27) des Operationsverstärkers (28) verbunden sind. 45

17. Transceiver nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Transceiver eine Signalanpassungsschaltung (11) zur Signalanpassung des Sendesignals aufweist, wobei der Signaleingang (13) des Echokompensationsfilters (14) an die Signalanpassungsschaltung (11) angeschlossen ist. 50

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

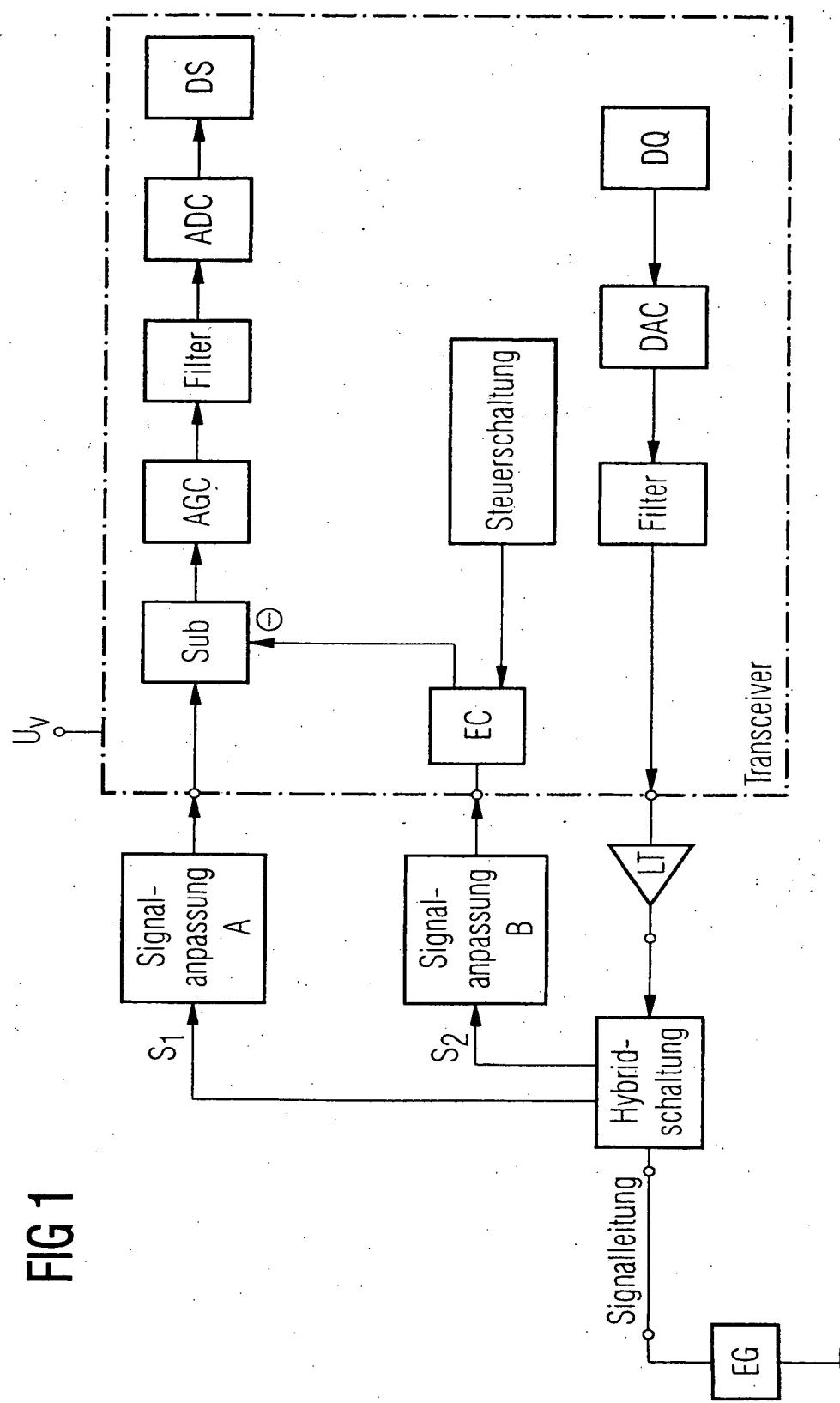
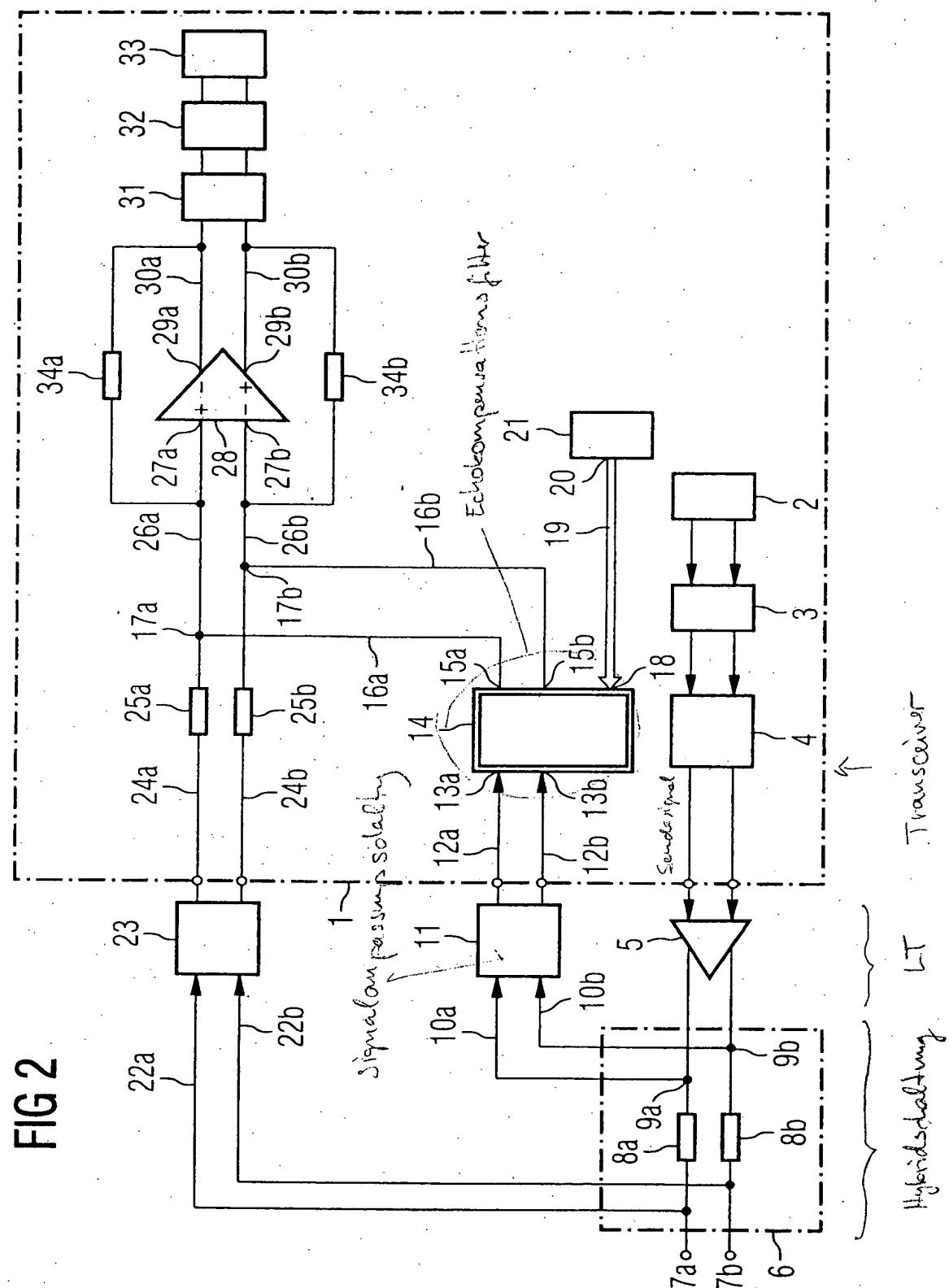


FIG 1

FIG 2



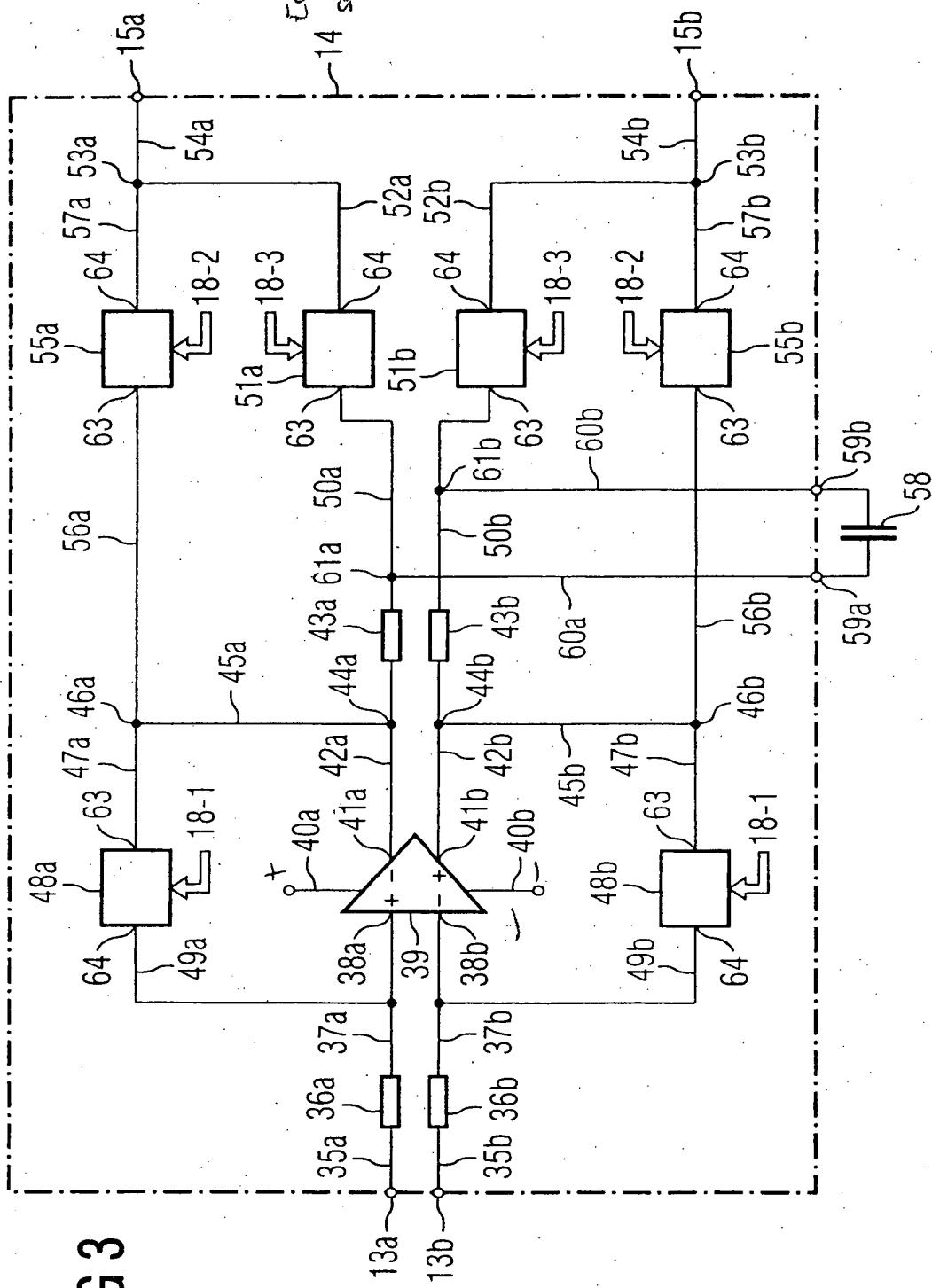


FIG 4

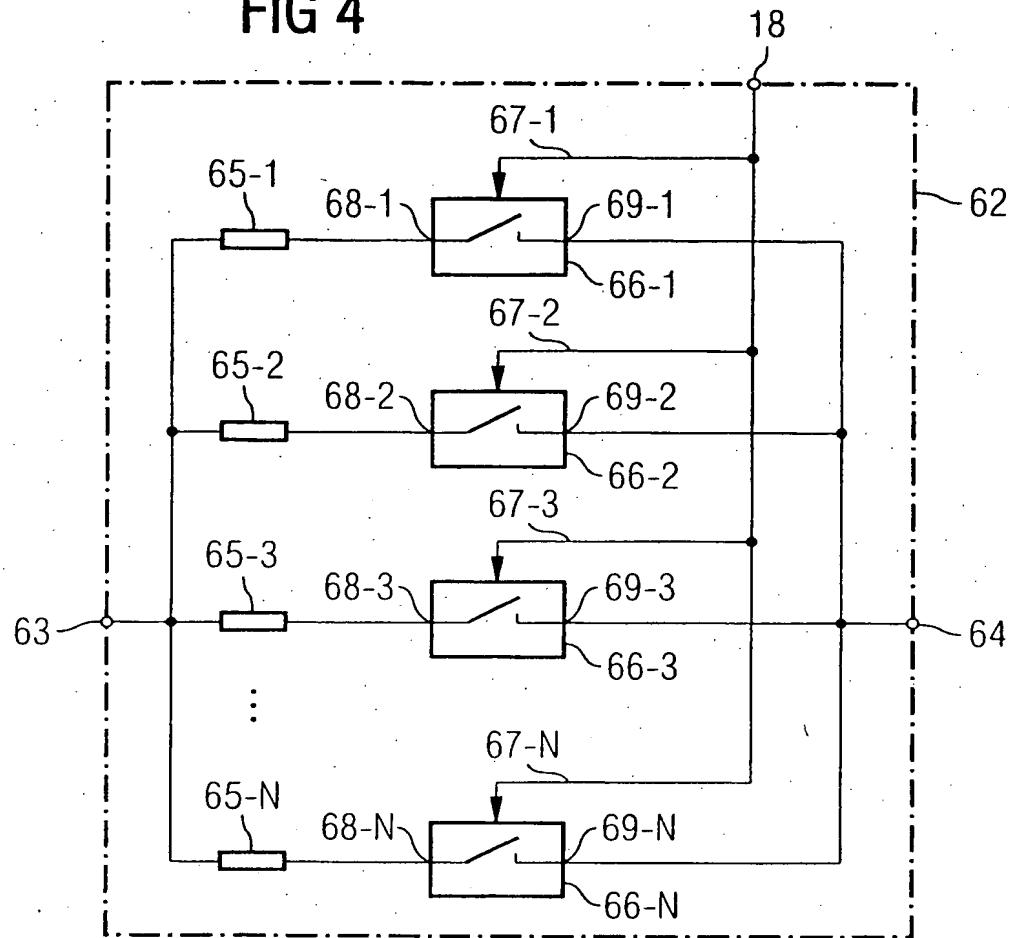


FIG 5

